



Presentasi Proposal Tugas Akhir

PERBANDINGAN DESAIN IPAL *ANAEROBIC BIOFILTER* DENGAN *ROTATING BIOLOGICAL CONTACTOR* UNTUK LIMBAH CAIR TEKSTIL DI SURABAYA

**Yogie Restu Firmansyah
3312100003**

**Dosen Pembimbing
Dr.Ir. Mohammad Razif,MM.**



Latar Belakang

- Menurut Peraturan Gubernur Jawa Timur no 72 tahun 2013 tentang Baku Mutu Limbah untuk Industri dan/atau Kegiatan Usaha Lainnya. Limbah tekstil memiliki bakumutu BOD dan COD sebesar 60 mg/L dan 150 mg/L.
- IPAL yang digunakan di Pabrik Textil X berupa sistem lumpur aktif yang menggunakan bakteri. Effluen IPAL yang ada di Pabrik Tekstil X masih belum memenuhi kriteria yang ada, terutama untuk masalah warna.



Lanjutan (2)

- Sistem pengolahan IPAL menggunakan *Anaerobic Biofilter* menurut Hamid (2014) memiliki kelebihan menyisihkan bahan organik yang tinggi, kebutuhan lahan yang relatif tidak besar, dan biaya operasi yang murah dibandingkan dengan sistem lumpur aktif yang menggunakan proses aerasi. Sedangkan menurut Habibie (2014) *Anaerobic Filter* juga memiliki kelebihan lumpur yang dihasilkan sedikit dan energi yang diperlukan untuk pengoperasian rendah. Kelebihan tersebut juga dimiliki oleh proses RBC.
- Pengolahan lanjutan berupa adsorpsi diperlukan untuk menurunkan kadar warna. Menurut Jannatin dan Razif (2011) penurunan kadar warna pada limbah cair batik oleh adsorben arang batok kelapa mencapai 77%-100%.



Rumusan Masalah

1. Bagaimana merencanakan IPAL anaerobic biofilter yang dilengkapi adsorpsi arang batok kelapa untuk air limbah di Pabrik tekstil X?
2. Bagaimana merencanakan IPAL Aerobic Rotating Biological Contactor yang dilengkapi adsorpsi arang batok kelapa untuk air limbah di Pabrik tekstil X?
3. Bagaimana perhitungan beban pekerjaan dan rencana anggaran biaya untuk desain IPAL anaerobic Biofilter yang dilengkapi adsorpsi arang batok kelapa dan Aerobic Rotating Biological Contactor yang dilengkapi adsorpsi arang batok kelapa?
4. Bagaimana perbandingan kelebihan dan kekurangan untuk desain IPAL anaerobic biofilter yang dilengkapi adsorpsi arang batok kelapa dan Aerobic Rotating Biological Contactor yang dilengkapi adsorpsi arang batok kelapa?



Tujuan

1. Merencanakan IPAL anaerobic Biofilter yang dilengkapi adsorpsi arang batok kelapa untuk air limbah di Pabrik X.
2. Merencanakan IPAL Aerobic Rotating Biological Contactor adsorpsi yang dilengkapi adsorpsi arang batok kelapa untuk air limbah di Pabrik X.
3. Menentukan beban pekerjaan dan rancangan anggaran biaya untuk desain IPAL anaerobic Biofilter yang dilengkapi adsorpsi arang batok kelapa dan Aerobic Rotating Biological Contactor yang dilengkapi adsorpsi arang batok kelapa.
4. Membandingkan kelebihan dan kekurangan untuk desain IPAL anaerobic Biofilter yang dilengkapi adsorpsi arang batok kelapa dan Aerobic Rotating Biological Contactor yang dilengkapi adsorpsi arang batok kelapa.



Manfaat

1. Memberikan desain alternatif IPAL untuk air limbah yang dihasilkan bagi pengusaha atau pengelola Pabrik Tekstil X.
2. Memberikan desain alternatif IPAL untuk air limbah yang dihasilkan bagi pemerintah dan BLH guna melakukan sosialisasi dan penerapan kebijakan tentang pentingnya pengelolaan lingkungan hidup terlebih pada sektor industri tekstil .
3. Memberikan desain alternatif IPAL untuk air limbah tekstil yang dihasilkan bagi konsultan perencana IPAL sebagai bahan acuan.



Ruang Lingkup

1. Karakteristik air limbah tekstil yang digunakan meliputi BOD (Biological Oxygen Demand), COD (Chemical Oxygen Demand) , TSS (Total Suspended Solids) dan warna. Data tersebut diperoleh dari data sekunder Pabrik tekstil X di Surabaya.
2. Desain yang dibuat meliputi desain bak ekualisasi, anaerobic Biofilter dan pengolahan lanjutan berupa adsorpsi arang batok kelapa dengan desain bak ekualisasi, Aerobic Rotating Biological Contactor dan pengolahan lanjutan berupa adsorpsi arang batok kelapa.
3. Perhitungan rencana anggaran biaya menggunakan HSPK (Harga Satuan Pokok Kegiatan) Kota Surabaya tahun 2015.
4. Parameter pembanding untuk kelebihan dan kekurangan IPAL yang digunakan meliputi efisiensi penyisihan, luas lahan, volume dan rencana anggaran biaya.
5. Baku mutu air limbah industri yang digunakan adalah Peraturan Gubernur Jawa Timur no 72 tahun 2013 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri dan Kegiatan/Usaha lainnya.
6. Rencana anggaran biaya meliputi biaya investasi dan operasional selama 5 tahun.



Tinjauan Pustaka

Karakteristik Limbah Cair tekstil

Pada kenyataannya di lapangan tidak ada pabrik tekstil yang memiliki air limbah yang persis sama. Perbedaan ini antara lain disebabkan oleh : bahan kimia yang digunakan, jumlah zat yang dipakai, tingkat produksi, tingkat keahlian dan pengalaman operator (Sugiharto, 1987). Rata-rata penggunaan air untuk industri tekstil adalah pada proses penggelantangan 200-300 m³ dan pada proses pencelupan 30-60 m³ (Sugiharto 1987).

Lanjutan



BAKU MUTU AIR LIMBAH
UNTUK INDUSTRI TEKSTIL

Parameter	Kadar Maksimum (mg/L)	Beban Pencemaran Maksimum (kg/ton)							
		Tekstil Terpadu	Pencucian Kapas, Pemintalan, Penenunan	Perekatan (Sizing-Desizing)	Pengikisan, Pemasakan (Klering-Soouring)	Pemucatan (Bleaching)	Merserisasi	Pencelupan (Dyeing)	Pencetakan (Printing)
BOD5	60	6	0,42	0,6	1,44	1,08	0,9	1,2	0,36
COD	150	15	1,05	1,5	3,6	2,7	2,25	3,0	0,9
TSS	50	5	0,35	0,5	1,2	0,9	0,75	1,0	0,3

Nilai tipikal dari rasio BOD/COD adalah dalam rentang 0,3-0,8 untuk air limbah yang belum diolah. Apabila air limbah memiliki rasio BOD/COD lebih dari 0,5 hal ini menandakan bahwa air limbah mudah untuk diolah secara biologis. Apabila rasio BOD/COD kurang dari 0,3 maka hal ini menandakan bahwa air limbah bersifat toxic yang tidak dapat diolah secara biologis (Tchobanoglous et al., 2003)



Lanjutan

RBC (*Rotating Biological Contactor*)

RBC adalah suatu reaktor yang terdiri dari beberapa cakram yang berputar dengan kecepatan rotasi tertentu. Pada saat berputar sebagian cakram yang terendam dalam limbah cair akan menguraikan zat organik yang terlarut dalam limbah cair. Pada saat kontak dengan udara biomassa akan mengadsorb oksigen sehingga tercapai kondisi aerobik.

Keunggulan dari penggunaan sistem pengolahan RBC adalah mudahnya proses konstruksi, udara yang dibutuhkan relative kecil, lumpur yang dihasilkan sedikit serta proses pengolahannya tidak menghasilkan buih. Sedangkan untuk kekurangan dari RBC adalah sangat sensitif terhadap adanya perubahan suhu sekitar.

Kriteria Desain RBC (*Rotating Biological Contactor*) meliputi:

Hydraulic loading = $0,08 - 0,16 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{d}$

Organic loading = $8 - 20 \text{ gBOD}/\text{m}^2\text{d}$

Maximum 1st-stage organic loading = $24-30 \text{ gBOD}/\text{m}^2\text{d}$

HRT (Hydraulic Retention Time) = $0,7 - 1,5 \text{ jam}$

Panjang shaft maksimal = $8,23 \text{ m}$

Luas area *disk standart* = 9.300 m^2

(Sumber: Tchobanoglous et al., 2003)

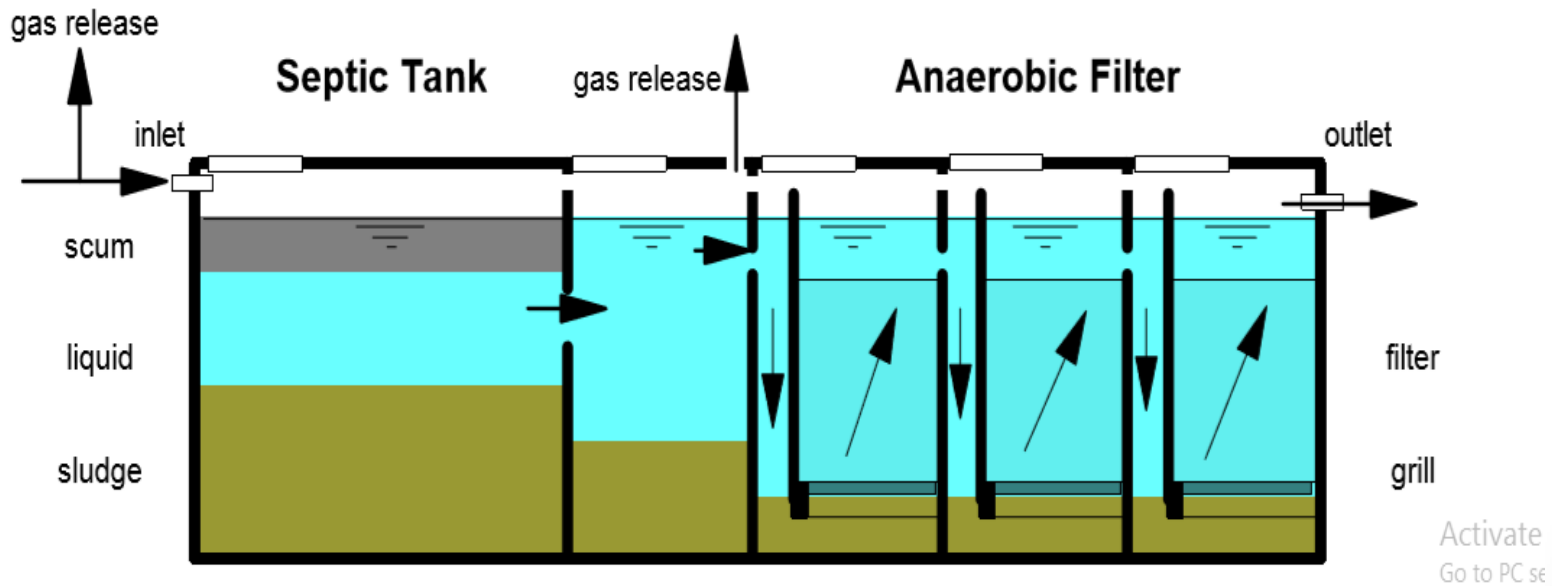
Berikut gambar Unit RBC dapat dilihat pada gambar 2.3:



Lanjutan

Anaerobic Filter

Secara umum, reaktor *anaerobic filter* dikonfigurasi secara *upflow* atau *downflow*. Pada reaktor *upflow*, media filter akan berada di bawah permukaan air. Pada reaktor *downflow*, media filter dapat berada di bawah maupun di atas permukaan air. Umumnya reaktor *anaerobic filter* dibangun secara tertutup, hal ini untuk menghindari bau yang menyengat. Gambar skema aliran *anaerobic filter* dapat dilihat pada gambar 2.4 berikut:



Gambar 2. 4 Gambar anaerobik filter
(Sumber:Sass 1998)



Lanjutan

Unit *anaerobic filter* ini menerapkan proses pertumbuhan melekat dengan prinsip kerja *fixed-medium system* yaitu dengan cara melewatkan air limbah pada media-media tempat tumbuh melekatnya mikroorganisme yang digunakan untuk menghilangkan kandungan materi organik pada air limbah. Kelebihan dan kekurangan *anaerobic filter* dapat dilihat pada tabel 2.3:

Tabel 2. 3 Kelebihan dan kekurangan *Anaerobic Filter*

Kelebihan	<ol style="list-style-type: none">1. Lumpur yang dihasilkan rendah2. Energi yang dibutuhkan rendah3. Bisa dibangun vertical disesuaikan dengan kebutuhan lahan
Kekurangan	<ol style="list-style-type: none">1. Hanya sesuai untuk pengolahan limbah dengan konsentrasi ss rendah2. Memerlukan feeding air limbah yang konstan3. Penyisihan nutrient yang rendah



Lanjutan

Kriteria desain unit Anaerobic Filter (AF) menurut Sasse:

Beban organik = 4,5 Kg COD/m³.hari

HRT(Hidraulic Retention Time) di Bak Pengendap/tangki septik = 2 jam

HRT di Anaerobik Filter = 1,5 – 2 hari

BOD removal = 70 – 90 %

Rasio SS/COD = 0,35 – 0,45

Luas spesifik media = 80 – 180 m²/m³

Velocity upflow = < 2 m/jam

(sumber: Sasse,1998)



Lanjutan

Adsorbsi

Pada perencanaan ini direncanakan menggunakan pengolahan adsorbsi yang bertujuan untuk menurunkan kadar warna pada limbah tekstil. Karbon dapat menyerap substansi terlarut ke dalam porinya. Ada banyak material yang digunakan sebagai adsorban tapi karbon adalah pilihan yang tepat untuk pengolahan air karena dapat menghilangkan range yang luas zat pencemar (Droste, 1997).

Pada penelitian yang dilakukan oleh (Jannatin, 2012) didapatkan untuk mengolah 0,174 liter air limbah dibutuhkan arang sebesar 357,55 gram arang batok kelapa. Data ini dapat digunakan untuk melakukan *scale up approach* untuk mengetahui jumlah arang yang dibutuhkan untuk mengolah limbah yang lebih besar debitnya.



Lanjutan

Bak Ekualisasi

Bak Ekualisasi digunakan untuk mencegah agar aliran dalam proses pengolahan air buangan tidak berfluktuasi. Dalam perencanaan bak ekualisasi ini yang paling penting adalah perencanaan pompa, agar aliran air yang masuk dan keluar selalu kontinyu dan debitnya stabil. Bak ini juga berfungsi untuk menstabilkan beban serta mengkonstantakan debit yang masuk, sehingga dapat menghindari adanya fluktuasi beban terutama bila terjadi penambahan beban secara ekstrim (*shock loading*) yang terlalu besar sehingga proses tetap berlangsung optimal. Keuntungan yang didapat dari pemakaian bak equalisasi adalah:

- Komposisi air buangan setelah bak ekualisasi menjadi lebih baik.
- Proses pengolahan biologis akan semakin baik, karena kemungkinan terjadi penambahan *shock loading* dapat diminimalkan.

Kriteria desain bak ekualisasi :

Kecepatan aliran = 1-2 m/dt

Waktu detensi = 4-8 jam

Lanjutan



Hasil Penelitian Terdahulu

Penulis	Judul	Hasil
Ahmad Rahmat Habibi. B (2014)	Perbandingan Desain IPAL <i>Fixed-medium System</i> dengan <i>Moved-medium System Aerobic Rotating Biological Contactor</i> untuk pusat pertokoan di Surabaya.	Pengolahan air limbah pada salah satu pusat perbelanjaan di Surabaya lebih efektif menggunakan <i>Fixed-medium System</i> karena membutuhkan lahan yang lebih kecil, RAB lebih kecil dan pembiayaan untuk O.M lebih murah.
Raditya Derifa Jannatin (2012)	Uji efisiensi Arang Batok Kelapa untuk mereduksi warna dan permanganate value dari limbah industri batik.	Efisiensi removal adsorben arang batok kelapa untuk mengurangi konsentrasi warna dari limbah cair batik secara batch diperoleh sebesar 77% - 100%. Efisiensi removal adsorben arang batok kelapa untuk mengurangi konsentrasi permanganate value dari limbah cair batik secara batch diperoleh sebesar 7,5% - 83%
Abdul Hamid (2014)	Perbandingan Desain IPAL proses <i>Attached Growth Anaerobic Filter</i> dengan <i>Suspended Growth Anaerobic Baffled Reactor</i> untuk pusat pertokoan di Kota Surabaya.	Pengolahan air limbah pada salah satu pusat perbelanjaan di Surabaya lebih efektif menggunakan <i>Attached Growth Anaerobic Filter</i> karena membutuhkan lahan yang lebih kecil, RAB lebih kecil dan pembiayaan untuk O.M lebih murah.

Judul
Perbandingan Desain IPAL Anaerobic BioFilter dengan Aerobic Rotating Biological Contactor untuk limbah cair tekstil di Surabaya



Studi Literatur

1. Karakteristik, baku mutu, serta kualitas dan kuantitas limbah tekstil.
2. Unit IPAL yang digunakan meliputi unit Bak equalisasi, *Anaerobic BioFilter*, *Aerobic Rotating Biological Contactor* dan adsorpsi arang batok kelapa.
3. Unit bak equalisasi dan arang batok kelapa.

Pengumpulan Data Primer dan Sekunder

1. Debit air limbah diperoleh asumsi 70% dari kebutuhan air bersih.
2. Karakteristik air limbah tekstil yang digunakan meliputi BOD, COD, TSS dan warna. Data tersebut diperoleh dari data sekunder Pabrik tekstil X di Surabaya.
3. Perhitungan rencana anggaran biaya menggunakan HSPK Kota Surabaya tahun 2015.
4. Baku mutu air limbah industri yang digunakan adalah Peraturan Gubernur Jawa Timur no 72 tahun 2013 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri dan Kegiatan/Usaha lainnya.

Pengolahan Data

1. Perhitungan debit air limbah.
2. Penetapan baku mutu air limbah.
3. Penetapan kriteria desain sesuai dengan pustaka.
4. Perhitungan dimensi IPAL.
5. Menggambar detail Engineering Design (DED) tiap unit IPAL.
6. Menghitung beban pekerjaan dan rencana anggaran biaya investasi dan operasional selama 5 tahun.

Hasil dan Pembahasan

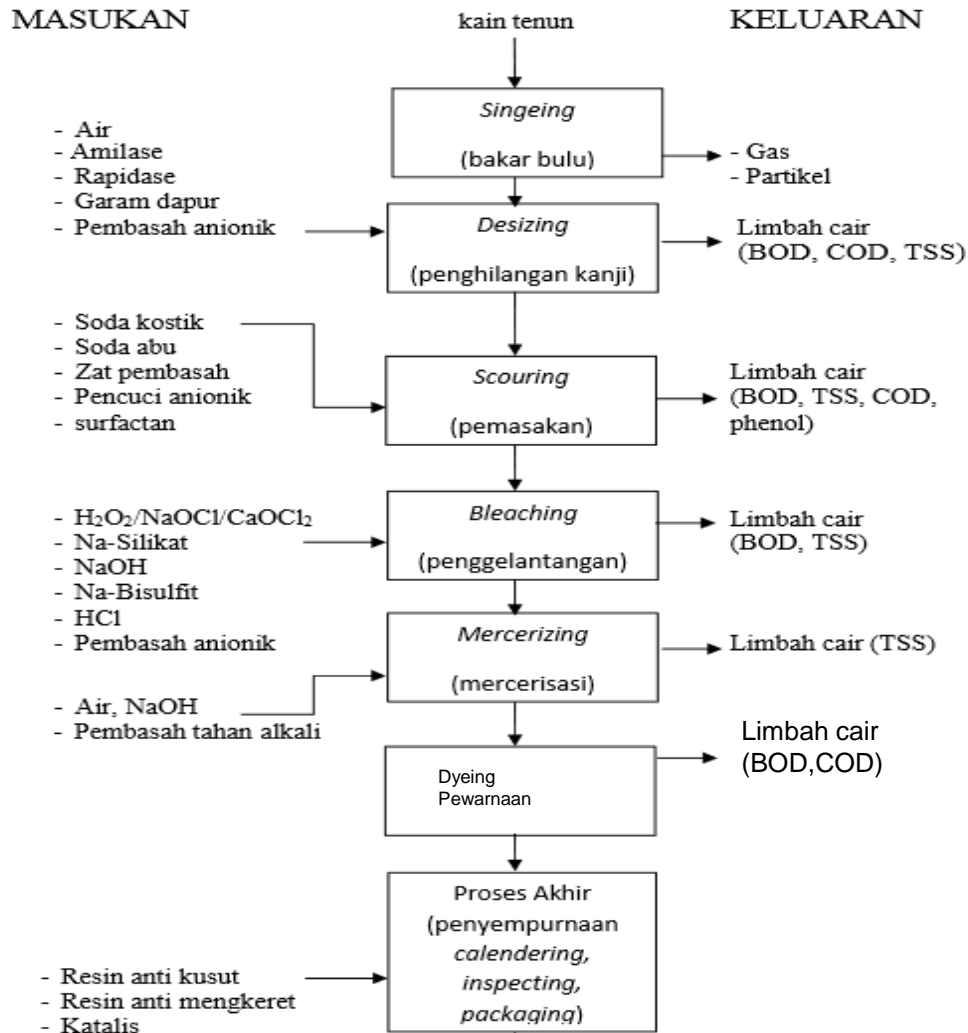
1. Dimensi, gambar DED, BOQ, RAB unit bak equalisasi.
2. Dimensi, gambar DED, BOQ, RAB unit *Anaerobic BioFilter* yang dilengkapi adsorpsi arang batok kelapa.
3. Dimensi, gambar DED, BOQ, RAB unit *Aerobic Rotating Biological Contactor* yang dilengkapi adsorpsi arang batok kelapa.
4. Perbandingan dimensi, luas lahan yang dibutuhkan, efisiensi removal, RAB serta kelebihan dan kekurangan dari unit *Anaerobic BioFilter* dan *Aerobic Rotating Biological Contactor*.

Kesimpulan dan saran

1. Desain rinci unit *Anaerobic BioFilter* dan *Aerobic Rotating Biological Contactor*.
2. RAB untuk masing-masing unit *Anaerobic BioFilter* dan *Aerobic Rotating Biological Contactor*.
3. Kekurangan dan kelebihan *Anaerobic Biofilter* dan *Aerobic Rotating Biological Contactor* yang dibandingkan berdasarkan luas lahan yang dibutuhkan, volume, efisiensi removal, dan RAB.



Gambaran proses produksi



Gambar 2.2
Diagram alir
proses
finishing/pencelupan pada industri
tekstil.

Debit Limbah

Tabel 4.1 Kapasitas mesin

mesin	kapasitas mesin (L)	pemakaian (max)	total debit (L/hari)
1	2500	6	15000
2	3000	6	18000
3	2000	6	12000
4	2000	6	12000
5	1500	6	9000
6	2500	6	15000
total			81000

Tabel 4.1 menunjukkan dalam 1 hari 6 mesin pencelupan di pabrik tekstil x menghasilkan limbah cair sebesar 81.000 L/hari setara dengan 81 m³/hari. Perencanaan ini digunakan debit yang diolah di ipal sebesar 81 m³/hari.

Karakteristik Air Limbah

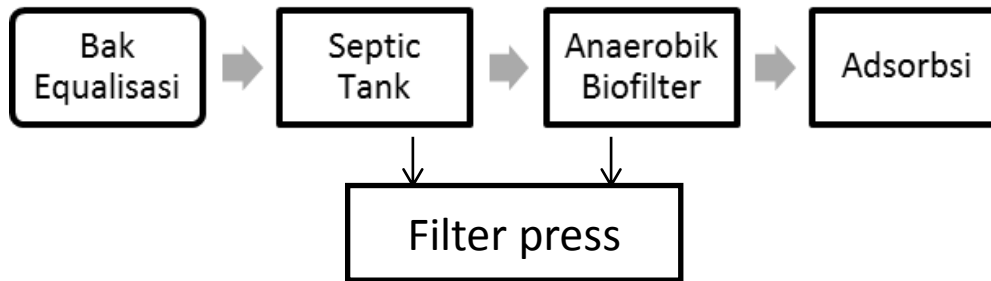
Tabel 4.2 Karakteristik limbah

BOD	=	1640	mg/L
COD	=	2645	mg/L
TSS	=	364	mg/L
PH	=	10.6	
Warna	=	130	Pt.co

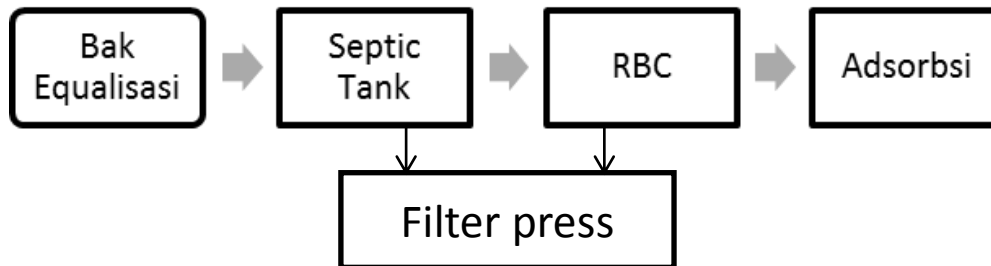
Hasil uji laboratorium tersebut menunjukkan bahwa rasio BOD/COD sebesar 0,62. Rasio BOD/COD yang lebih dari 0,5 dijadikan tolak ukur bahwa limbah tersebut dapat diolah dengan menggunakan proses biologis. Nilai rasio BOD/COD tersebut juga menandakan bahwa pewarna yang digunakan juga mengandung zat-zat organik yang tinggi, sehingga sangat cocok apabila menggunakan pengolahan biologis ABF, RBC dan adsorpsi batok arang kelapa.

Alternatif Unit Ipal

Alternatif 1



Alternatif 2



Pemilihan unit-unit IPAL dari kedua alternatif tersebut didasarkan pada beberapa hal sebagai berikut:

1. Bak ekualisasi

Bak ekualisasi dapat mengatasi fluktuasi debit dan karakteristik air limbah, karena terjadi sirkulasi dalam bak tersebut dikarenakan kehadiran pompa submersible.

2. Septic tank

Septic tank sebagai bak pengendap karena limbah yang dihasilkan debitnya tidak besar sehingga lebih efisien.

Lanjutan

3. AF dan RBC

Limbah cair yang dihasilkan memiliki rasio BOD/COD 0,62 dimana hal tersebut menandakan bahwa limbah tersebut mengandung zat organik yang tinggi sehingga sangat efisien bila diolah dengan proses biologis. Pemilihan juga didasarkan untuk membandingkan keefektifan kedua unit IPAL tersebut berdasarkan biaya, dan faktor teknis seperti lumpur yang dihasilkan, luas lahan dan volume. Berikut tabel kelebihan dan kekurangan masing-masing unit IPAL:

Unit	Kelebihan	Kekurangan
Anaerobik biofilter	1. Lumpur yang dihasilkan rendah 2. Energi yang dibutuhkan rendah 3. Bisa dibangun vertical disesuaikan dengan kebutuhan lahan	1. Hanya sesuai untuk pengolahan limbah dengan konsentrasi ss rendah 2. Memerlukan feeding air limbah yang konstan 3. Penyisihan nutrient yang rendah 4. Proses aklimatisasi yang lama
Rotating biological contactor	1. Mudah proses konstruksi 2. Lumpur yang dihasilkan sedikit 3. Proses pengolahannya tidak menghasilkan buih	1. Sensitif terhadap adanya perubahan suhu sekitar 2. Memerlukan energi yang lebih besar 3. Proses pembersihan media yang sulit 4. Pengontrolan mikroorganisme yang sulit

4. Adsorpsi arang Batok kelapa

Unit adsorpsi arang batok kelapa dipilih untuk menjaga effluent dari IPAL memenuhi kriteria warna. Kandungan organik dari limbah yang tinggi sangat cocok apabila menggunakan arang batok kelapa sebagai penghilang warna. Arang batok kelapa dipilih karena harga lebih murah daripada karbon aktif.

5. Filter press

Filter press dipilih karena memiliki keunggulan kebutuhan lahan yang dibutuhkan kecil.

Perhitungan Bak Equalisasi

Diketahui:

$$\begin{aligned} Q_{ave} &= 81 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 0,0009375 \text{ m}^3/\text{detik} \\ &= 0,9375 \text{ L/detik} \end{aligned}$$

Direncanakan:

$$\text{HRT} = 4 \text{ jam}$$

$$\text{Kedalaman (h)} = 2 \text{ m}$$

$$\text{Raio p:l} = 1:1$$

Perhitungan:

$$\begin{aligned} \text{volume bak equalisasi} &= (\text{HRT}/24) * Q \\ &= 13,5 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

dimensi

$$\text{As} = V_{\text{bak}}/h = 6,75 \text{ m}^2$$

$$p = \text{As}^{0,5} = 2,59 = 2,6 \text{ m}$$

$$l = \text{As}^{0,5} = 2,59 = 2,6 \text{ m}$$

Pipa influen:

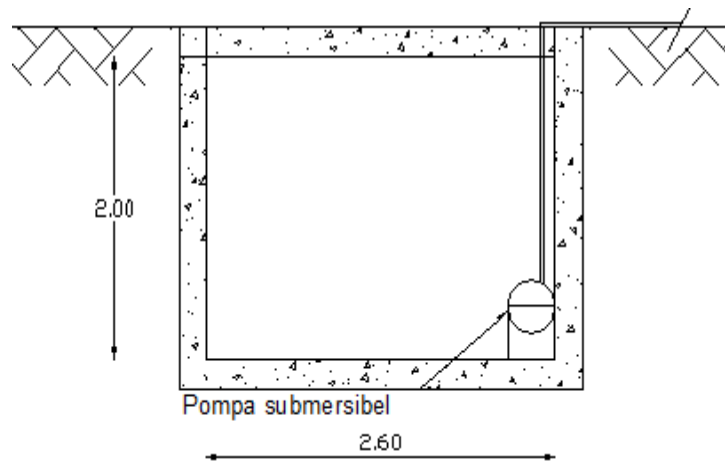
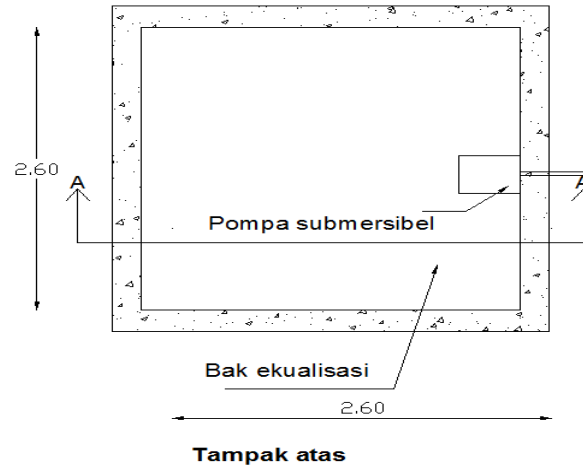
$$Q = v_{\text{asumsi}} * A$$

$$\begin{aligned} A &= Q / v_{\text{asumsi}} \\ &= 0,0009375 \text{ m}^3/\text{detik} / 1,5 \text{ m/detik} \\ &= 0,000625 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D &= (4 * A / \pi)^{1/2} \\ &= 4 * 0,000625 / 3,14)^{1/2} \\ &= 0,028 \text{ m} \approx 2,8 \text{ cm dipilih } 3,2 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\text{Panjang pipa} = 2 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Hf mayor} &= (Q / 0,00155 * C * D^{2,63})^{1,85} * L \\ &= (0,9375 / 0,00155 * 120 * 3,2^{2,63})^{1,85} * 2 \\ &= 0,138 \text{ m} \end{aligned}$$



Perhitungan Bak pengendap/septic tank

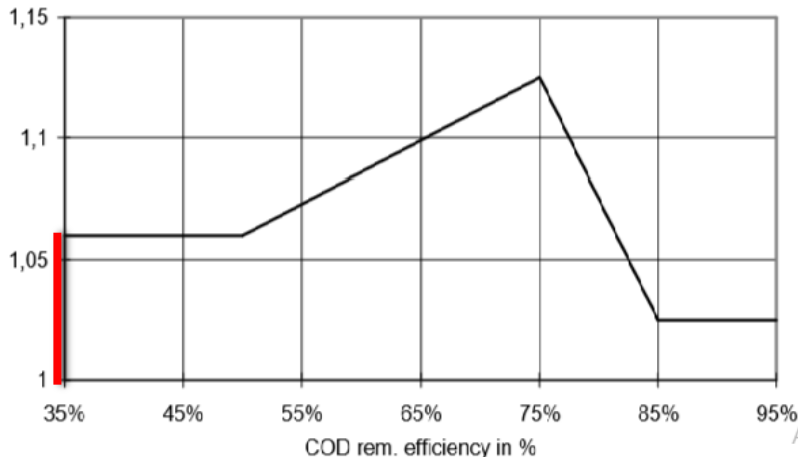
- Perhitungan removal di settling

Diketahui:

Q = 81 m³/hari
 BOD = 1640 mg/L
 COD = 2645 mg/L
 TSS = 364 mg/L
 Q_{jam} = 3,375 m³/jam

Direncanakan:

HRT set = 2 jam
 Lebar dalam = 1,75 m
 h minimum air pada inlet = 2,5 m
 Pengurasan = 36 bulan
 COD remset = $SS/COD/0,6 \cdot (HRT-1) \cdot 0,1/2 + 0,3$
 = 0,31



Grafik Hubungan rasio BOD/COD dengan penyisihan COD

Sumber : Sasse, 1998

BOD/COD removal factor = 1,06 karena COD remsett lebih dari 30% sesuai dengan grafik

$$\text{BOD rem set} = \text{BOD/COD removal faktor} \cdot \text{COD remset} \\ = 0,33$$

$$\text{COD eff st} = \text{COD in} \cdot (1 - \text{COD remst}) \\ = 1821,16 \text{ mg/L}$$

$$\text{BOD eff st} = \text{BOD in} \cdot (1 - \text{BOD remst}) \\ = 1098,54 \text{ mg/L}$$

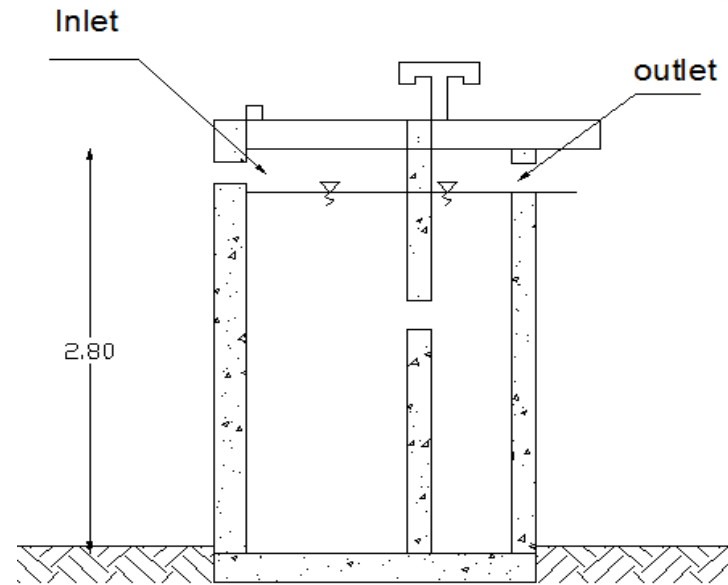
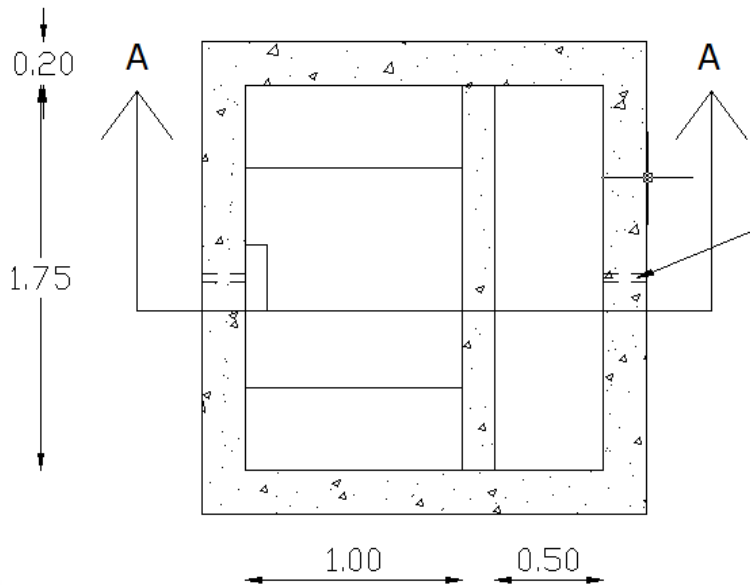
$$\text{TSS removal} = 2 \cdot \text{BOD removal} \\ = 0,66$$

Perhitungan:

$$\begin{aligned}\text{Akumulasi lumpur} &= 0,005 * (1 - (\text{interval pengurasan} * 0,014)) \\ &= 0,002 \quad \text{L/kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Bak pengendap} &= \text{akumulasi lumpur} * (\text{BODin} - \text{BODout}) / 1000 * \text{pengurasan} * 30 * \text{debit} + \\ &\quad \text{HRTsett} * \text{debitperjam} \\ &= 6,87 \text{ m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Panjang bak pertama} &= 2/3 * \text{volume bak pengendap} / \text{lebar dalam} / \text{H.minimum air pada inlet} \\ &= 1,05 \text{ m dipilih } 1 \text{ m}\end{aligned}$$



Perhitungan Anaerobik Filter

Diketahui:

Q = 81 m³/hari
 COD in = 1821,16 mg/L
 BOD in = 1098,54 mg/L

Direncanakan:

Temperature = 30 °C
 Luas spesifik filter = 200 m²/m³
 HRT = 36 jam
 = 1,5 hari
 Jumlah kompartemen = 4
 Kedalaman = 2,5 m
 Panjang kompartemen = 2,5 m
 Tinggi media = 1,45 m
 Porositas media = 0,98
 (menggunakan media sarang tawon)
 Ruang dibawah baffle = 0,6 m

Perhitungan:

Factor temperature = (temperatur limbah-25)*0,08/5+1
 = 1,05
 Factor konsentrasi = (CODin AF-2000)*0,02/1000+1,04
 = 1,04
 Faktor luas area = (Luas area spesifik filter-100)
 *0,06/100+1
 = 1,06
 Faktor HRT = (HRT AF-24)*0,03/ 9+0,67
 = 0,71
 CODremaf = ftemp *Fstrength*Fsurface*FHRT *(1+ (
 jumlah kompartemen* 0,04)
 = 0,95
 COD eff = COD inf anaerobic filter (1-COD rem af)
 = 94,25 mg/L
 V tangki filter = HRT * Q ave
 = 121,50 m³
 Lebar kamar= v tangki filter/jumlah kompartemen/
 (kedalaman *0,25)+(panjang kompartemen-
 ketinggian media filter*(1-porositas media)
 = 4,47m dipilih 4,5 m

$$\text{Effluent AF} = (\text{COD}_{\text{inf}} - \text{COD}_{\text{eff anaerobifilter}}) * Q_{\text{ave}} * 0,35 / 1000 / 0,7 * 0,5$$

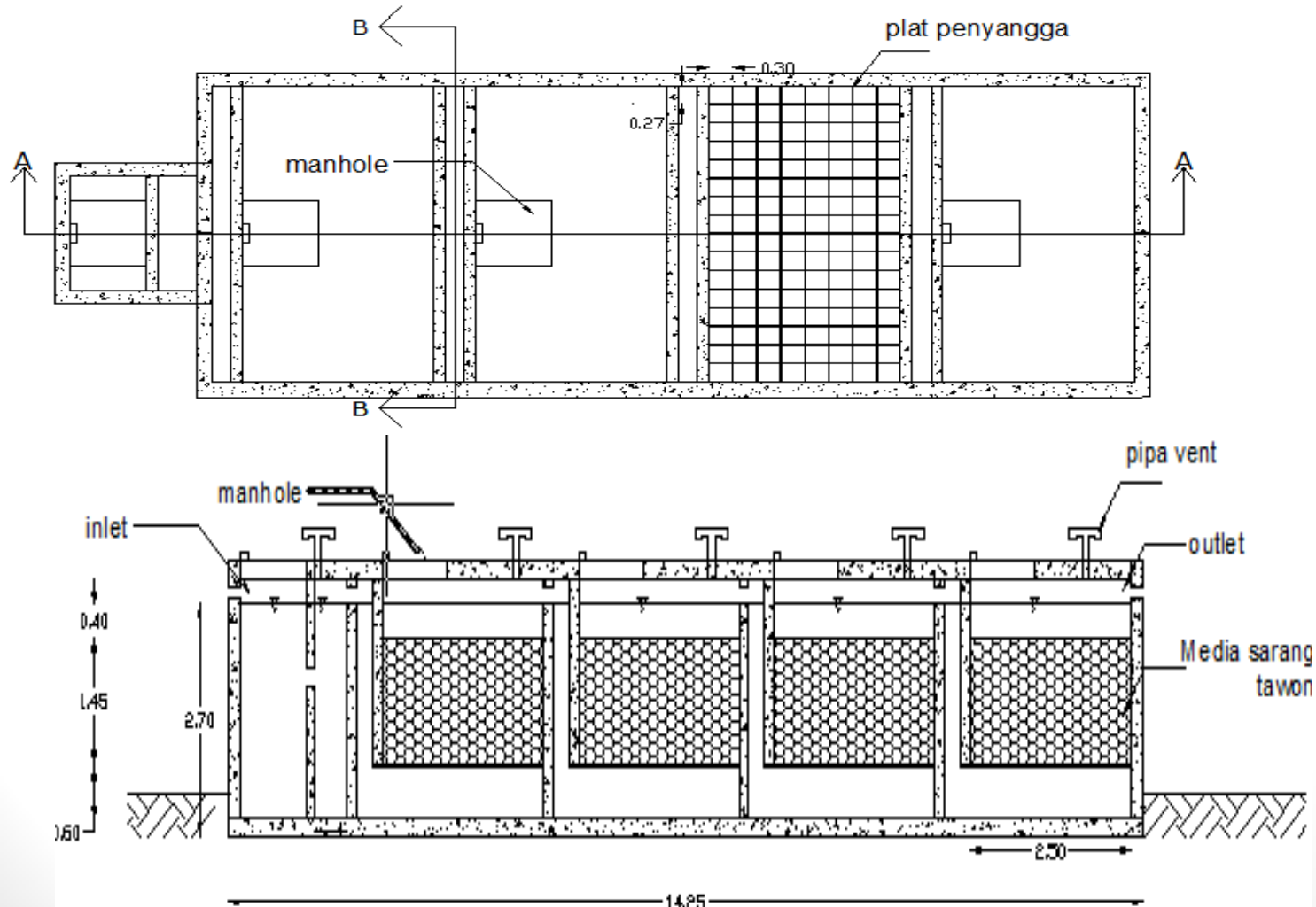
$$= 53,56 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\text{Organic loading} = \text{COD eff st} * Q / 1000 / (\text{tinggi media} * \text{panjang kompartemen} * \text{porositas media} * \text{jumlah kompartemen})$$

$$= 0,01 \text{ kg/m}^3/\text{hari}$$

$$v_{\text{upflow}} = Q_{\text{ave}} / (\text{lebar kompartemen} * \text{panjang tiap kompartemen} * \text{porositas media})$$

$$= 0,31 \text{ m/h}$$



Perhitungan RBC

Diketahui:

$$\begin{aligned} \text{So(BODin)} &= 1098,54 \text{ g/m}^3 \\ Q &= 81 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

Direncanakan:

$$\text{HRT} = 1,5 \text{ jam}$$

Spec RBC :

$$\begin{aligned} \text{Luas area standart} &= 3126 \text{ m}^2/\text{shaft} \\ \text{Panjang shaft} &= 8,23 \text{ m} \\ \text{Diameter} &= 2,6 \text{ m} \\ \text{Kebutuhan power} &= 1,1 \text{ kWh} \\ \text{Ketebalan media} &= 1 \text{ cm} \end{aligned}$$

Perhitungan:

$$\begin{aligned} \text{BOD loading} &= \text{konsentrasi BOD masuk} * Q \\ &= 88.982,04 \text{ gbod/hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan As cakram} &= \text{BOD loading/organic loading di tahap pertama} \\ &= 4.449,10 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah shaft/train} &= \text{Kebutuhan As cakram/Luas area standart} \\ &= 1,423 \approx 2 \text{ shaft} \end{aligned}$$

Menentukan dimensi RBC

$$\begin{aligned} \text{Volume bak} &= Q/24 * \text{HRT} \\ &= 5,0625 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Panjang bak} &= \text{panjang shaft}/3 \\ &= 2,75 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tinggi bak} &= 40\% \text{ dari diameter rbc} \\ &= 1,04 \text{ m} \approx 1,2 \text{ m} \end{aligned}$$

Menentukan effluent pada tahap pertama

$$As/Q = 38,59 \text{ hari/m}$$

$$S \text{ tahap 1 } S_1 = \frac{-1 + \sqrt{1 + (4)(0,00974)\left(\frac{As}{Q}\right)S_{1-1}}}{(2)(0,00974)\left(\frac{A}{Q}\right)}$$

$$= 39,65 / 0,75$$

$$= 52,74 \text{ g/m}^3$$

$$\text{BODrem} = 1 - (\text{BOD effluent} - \text{BOD influent})$$

$$= 0,95 \approx 95 \%$$

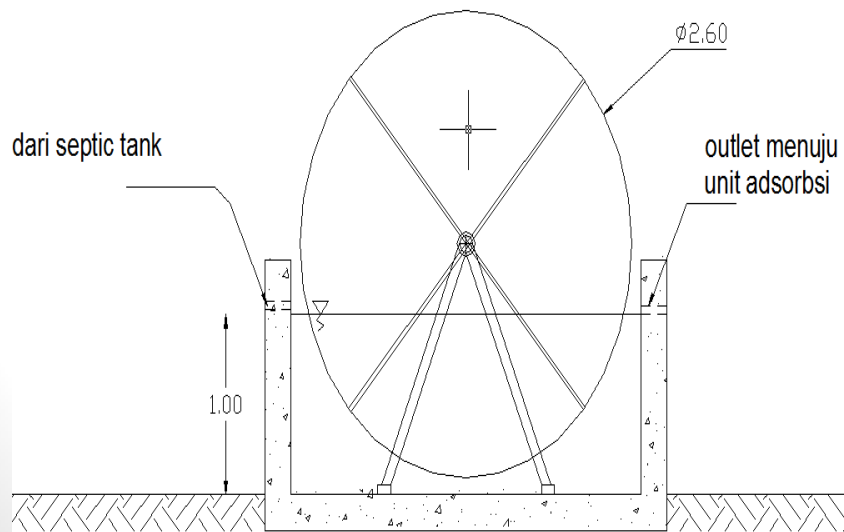
Menentukan beban hidrolis dan beban organik organik loading tahap 1

$$= Q * \text{BODin} / (\text{jumlah shaft} * \text{luas area})$$

$$= 20,37 \text{ gBOD/m}^2.\text{hari}$$

$$\text{HLR} = Q / (\text{jumlah shaft} * \text{jumlah tahap} * \text{luas area})$$

$$= 0,055 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{hari}$$



Perhitungan lumpur:

Direncanakan :

$$\begin{aligned}f(\text{koefisien } 0,006\text{-}0,01 \text{ L/mg}) &= 0,006 && \text{L/mg} \\&= 6 \text{ m}^3/\text{kg} \\h(\text{ketebalan lapisan } 0,1\text{-}0,5 \text{ cm}) &= 0,001 && \text{m} \\K_o(\text{maximum removal rate } 0,2\text{-}0,5 \text{ mg/l.detik}) &= 0,2 \text{ mg/L.dt} \\&= 17,28 && \text{kg/m}^3\text{hari} \\K_m(\text{konstanta setengah reaksi } 0,1\text{-}10) \text{ mg/L} &= 10 \text{ mg/L} \\&= 0,01 && \text{kg/ m}^3 \\S(\text{influent}) &= 1098,54 \text{ mg/L} \\&= 1,09 \text{ kg/ m}^3 \\A_s \text{ terendam} &= 873,6 \text{ m}^2 \\K_d(\text{koefisien decay}) &= 0,06\end{aligned}$$

Perhitungan:

$$M(\text{substrat rate}) = f \cdot h \cdot K_o \cdot A_s \text{ terendam} / (K_m + S_o)$$

$$= 116,94 \text{ kg/m}^3\text{.hari}$$

$$M' = M - K_d \cdot (S_o - S)$$

$$= 116,88 \text{ kg/m}^3\text{.hari}$$

$$Y_{obs} = M' / M$$

$$= 0,99$$

$$P_x = Y_{obs} \cdot Q \cdot (S_o - S)$$

$$= 84,66 \text{ Kg/hari}$$

$$\text{Jadi lumpur yang dihasilkan sebesar } 84,66 \text{ Kg/hari}$$

$$\text{Debit lumpur} = \text{Massa lumpur} / (\% \text{solid} \cdot S_{gl} \cdot S_{ga})$$

$$= 84,66 / (9,12\% \cdot 1,023 \cdot 996,26)$$

$$= 0,9 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Perhitungan Adsorbsi Arang Barok Kelapa

Diketahui:

$$Q = 81 \text{ m}^3/\text{hari} = 3,375 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Direncanakan:

$$\rho_s = 400 \text{ kg/m}^3$$

$$v_b = 17,4 \text{ lt} = 0,0174 \text{ m}^3$$

$$\text{massa karbon} = 357,55 \text{ gr} = 0,35755 \text{ kg}$$

$$\text{volume treated per kg arang} = 0,048664522 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$\text{Diameter} = 273,05 \text{ mm} = 0,27305 \text{ m}$$

$$\text{Panjang} = 3 \text{ m}$$

Perhitungan:

Menentukan jumlah massa karbon arang yang diperlukan dengan cara scale up

$$\begin{aligned} M &= Q/v_b/\text{massa karbon} \\ &= 81 (\text{m}^3/\text{hari}) / 0,0174 (\text{m}^3) / 0,35755 (\text{kg}) \\ &= 1664,45 \text{ Kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_t &= \text{volume treated per kg arang}/Q_{\text{perjam}} \\ &= 0,048664522 \text{ m}^3/\text{kg} / 3,375 \text{ m}^3/\text{jam} \\ &= 69,35 \text{ Kg/jam} \end{aligned}$$

Menentukan waktu breakthrough (T_b)

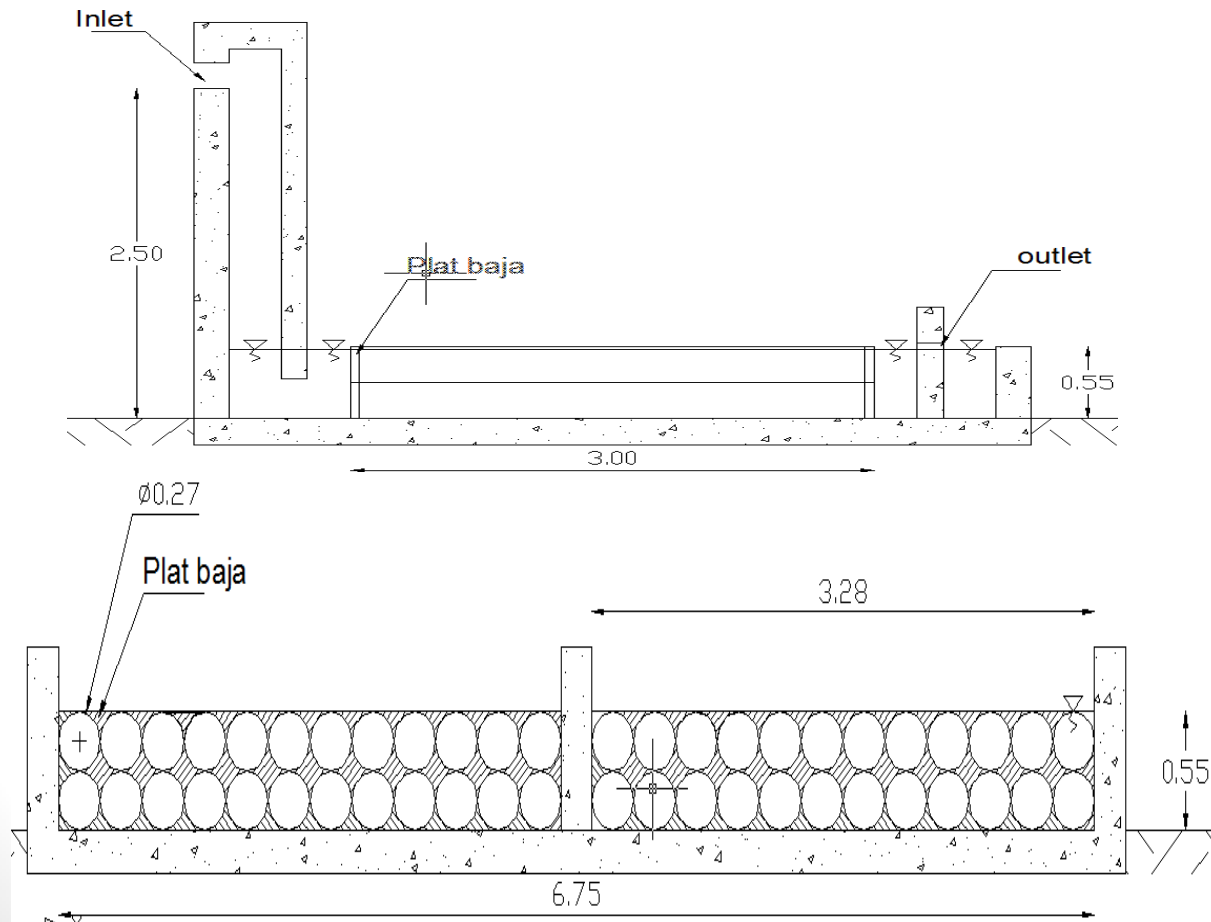
$$\begin{aligned} T_b &= M/M_t \\ &= 1664,45 \text{ Kg} / 69,35 \text{ Kg/jam} \\ &= 24 \text{ jam} \approx 1 \text{ hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume yang dibutuhkan} &= M/\rho_s \\ &= 1664,45 \text{ Kg} / 400 \text{ kg/m}^3 \\ &= 4,16 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V \text{ satu reaktor} &= 0,25 \times 3,14 \times D^2 \times \text{panjang reaktor} \\ &= 0,25 \times 3,14 \times 0,27305^2 (\text{m}) \times 3 (\text{m}) \\ &= 0,175 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan reaktor} &= \text{Volume yang dibutuhkan} / V \text{ satu reaktor} \\ &= 23,69 \approx 24 \text{ buah} \end{aligned}$$

Pergantian arang batok kelapa dilakukan setiap 1 hari sekali sesuai dengan waktu breakthrough yang telah dihitung, untuk itu diperlukan reactor cadangan sebanyak 24 buah untuk keperluan perawatan. Reaktor adsorpsi tersebut akan digunakan secara bergantian ketika ada perawatan berupa pencucian arang batok kelapa, sehingga dibutuhkan total 48 reaktor. Pencucian dilakukan dengan air bersih lalu dijemur di bawah sinar matahari..





Pengolahan Lumpur

Alternatif 1

Debit lumpur

septic tank = 0,000108 m³/hari

anaerobic filter = 0,00021553m³/hari

total debit lumpur = 0,000323 m³/hari

dalam 3 tahun = 0,34 m³

dimensi

p = 1m

l = 1m

h = 0,4 m

Alternatif 2

Debit lumpur dari RBC = 0,910869836 m³/hari

septic tank = 0,000108 m³/hari

dimensi

p = 0,910869836 ≈ 1 m

l = 1

h = 1

Filter press

Filter press yang direncanakan akan mengolah lumpur yang dihasilkan dari septic tank dan pengolahan biologis. Alternatif 1 menghasilkan lumpur sebesar 0,0003 m³/hari dan alternatif 2 menghasilkan lumpur sebesar 0,9108m³/hari. Rumus yang digunakan untuk menghitung kebutuhan filter press sebagai berikut.

Volume Filter press = volume lumpur yang dihasilkan × % solids × specific gravity lumpur/densitas dari filter cake (kg/L) × % dry solids filter cake

Kapasitas Filter press yang dibutuhkan untuk Alternatif 1 adalah 14,8 L dan alternatif 2 sebesar 48 L.

RAB Investasi

Alternatif 1

Unit	RAB
Bak ekualisasi	Rp 71.179.529,95
septic tank	Rp 39.155.079,60
Anaerobic filter	Rp 350.401.060,85
adsorbsi	Rp 125.363.496,12
Pengolahan lumpur	Rp 114.094.527,77
Total	Rp 700.193.694,29

Alternatif 2

Unit	RAB
Bak ekualisasi	Rp 71.179.529,95
septic tank	Rp 39.155.079,60
RBC	Rp 423.762.653,90
adsorbsi	Rp 125.363.496,12
Pengolahan lumpur	Rp 118.065.895,97
Total	Rp 777.526.655,53

RAB Operasi dan Perawatan



Alternatif 1 Biaya Operasi				
Jenis kebutuhan	Jumlah kebutuhan	Satuan	Harga/satuan	Harga total/bulan
Kebutuhan listrik Pompa submersibel	4,8	kWh	Rp 1.409,16	Rp 202.919,04
Kebutuhan listrik Filter press	15	kWh	Rp 1.409,16	Rp 634.122,00
				Rp 837.041,04
Total per tahun				Rp 10.044.492,48
Total 5 tahun				Rp 50.222.462,40

Alternatif 1 Biaya Perawatan				
Jenis kebutuhan	Jumlah kebutuhan	satuan	Harga/satuan	Harga total/tahun
Perawatan pompa/6bulan	2	kali	Rp 100.000,00	Rp 200.000,00
Pengurasan anaerobic filter/36 bulan	0,33	kali	Rp 600.000,00	Rp 99.000,00
Pengecekan rotor/3 bulan	4	kali	Rp 50.000,00	Rp 200.000,00
Pengecekan manhole tiap unit	4	kali	Rp 50.000,00	Rp 200.000,00
Total per tahun				Rp 699.000,00
Total 5 tahun				Rp 3.495.000,00

Alternatif 2 Biaya Operasi				
Jenis kebutuhan	Jumlah kebutuhan	Satuan	Harga/satuan	Harga total/bulan
Kebutuhan listrik Pompa submersibel	4,8	kWh	Rp 1.409,16	Rp 202.919,04
Kebutuhan listrik Filter press	15	kWh	Rp 1.409,16	Rp 634.122,00
Kebutuhan listrik Rotor RBC	1,1	kWh	Rp 1.409,16	Rp 46.502,28
				Rp 883.543,32
Total per tahun				Rp 10.602.519,84
Total 5 tahun				Rp 53.012.599,20

Alternatif 2 Biaya Perawatan				
Jenis kebutuhan	Jumlah kebutuhan	satuan	Harga/satuan	Harga total/tahun
Perawatan pompa/6bulan	2	kali	Rp 100.000,00	Rp 200.000,00
Pengurasan septictank/36 bulan	0,33	kali	Rp 600.000,00	Rp 99.000,00
Pengecekan rotor/3 bulan	4	kali	Rp 50.000,00	Rp 200.000,00
Pengecekan manhole	4	kali	Rp 50.000,00	Rp 200.000,00
Total per tahun				Rp 699.000,00
Total 5 tahun				Rp 3.495.000,00

Perbandingan Alternatif IPAL

Alternatif 1 Anaerobic Filter

Kelebihan:

1. Biaya investasi yang lebih kecil Rp 700.193.694,29.
2. Biaya operasional dan perawatan yang lebih kecil.
3. Tenaga listrik yang digunakan lebih sedikit karena tidak menggunakan rotor untuk suplai oksigen 19,8 kWh.
4. Jumlah lumpur yang dihasilkan lebih sedikit 0,000323 m³/hari.
5. Kebutuhan lahan yang lebih sedikit 45 m².

Kekurangan:

1. Waktu tinggal yang lebih lama yaitu 24 jam.
2. Waktu start-up yang lebih lama.

Alternatif 2 RBC

Kelebihan:

1. Waktu tinggal yang lebih singkat yaitu 1,5 jam.
2. Waktu start-up yang lebih singkat.

Kekurangan:

1. Biaya investasi yang lebih besar Rp 777.526.655,53.
2. Biaya operasional dan perawatan yang lebih besar.
3. Tenaga listrik yang digunakan lebih besar karena tidak menggunakan rotor untuk suplai oksigen 20,9 kWh.
4. Jumlah lumpur yang dihasilkan lebih banyak 0,91 m³/hari.
- 5 Kebutuhan lahan yang lebih besar 45,375 m².

Kesimpulan

1. Dari perhitungan DED didapat Dimensi untuk masing masing unit IPAL pada alternatif 1 sebagai berikut Bak ekualisasi (2,6 m x 2,6 x 2 m), Septic tank (1,75 m x 1,5m x 2,5m), Anaerobic Filter 4 kompartemen (4,5m x 2,5m x 2,5m), Adsorpsi (3,5 mx 6,75m x 0,55m)
2. Dari perhitungan DED didapat Dimensi untuk masing masing unit IPAL pada alternatif 2 sebagai berikut Bak ekualisasi (2,6 m x 2,6 x 2 m), Septic tank (1,75 m x 1,5m x 2,5m), RBC 2 shaft (2,75m x 2,75 m x 1m), Adsorpsi (3,5 mx 6,75m x 0,55m)
3. Rencana anggaran biaya investasi, operasi dan perawatan masing alternatif adalah sebagai berikut alternatif 1 biaya investasi sebesar Rp 700.193.694,29, biaya operasi sebesar Rp 50.222.462,40, biaya perawatan sebesar Rp 3.495.000,00. Alternatif 2 biaya investasi sebesar Rp 777.526.655,53, biaya operasi sebesar Rp Rp 53.012.599,20 , biaya perawatan sebesar 3.495.000,00.
4. Kelebihan *Anaerobic filter* adalah biaya investasi yang lebih kecil , biaya operasional lebih kecil, tenaga listrik yang digunakan lebih sedikit karena tidak menggunakan rotor untuk suplai oksigen, jumlah lumpur yang dihasilkan lebih sedikit dan luas lahan yang dibutuhkan lebih kecil, sedangkan kekurangannya adalah waktu tinggal yang lebih lama dan start up yang lama. Kelebihan RBC adalah waktu tinggal yang lebih singkat yaitu 1,5 jam, waktu start-up yang lebih singkat, sedangkan kekurangannya luas lahan lebih besar memerlukan energi listrik , biaya investasi dan operasional yang lebih tinggi.

Saran

1. Diperlukan kajian yang lebih dalam mengenai biogas yang dihasilkan.
2. Diperlukan penelitian dalam skala lapangan untuk unit adsorpsi.



Terima Kasih